



STARKREGEN IM URBANEN RAUM – WIE KANN MAN RISIKEN VOR DEM SCHADENSFALL ERKENNEN?

Einleitung

Starkregenereignisse führten in jüngster Vergangenheit vermehrt zu hohen Schäden im Siedlungsbereich. So kam es am 09.06.2014 in Düsseldorf und Oberhausen stellenweise zu Niederschlägen von 20–41 mm/h [1]. Der 20.06.2013 brachte in weiten Teilen Nordrhein-Westfalens, Niedersachsens und Schleswig-Holsteins 30–50 mm in ein bis zwei Stunden [2]. Ein trauriges Beispiel bleibt der 26.07.2008, an dem sich in Dortmund auf kleinstem Raum innerhalb von vier Stunden etwa 200 mm abregneten. Das entspricht etwa einem Viertel des dortigen Jahresniederschlags [3].

Obwohl der Zusammenhang zwischen Klimawandel und Starkregenereignissen nicht abschließend geklärt ist, deutet vieles darauf hin, dass sich die Niederschlagsverteilung über das Jahr verschieben wird. Untersuchungen im Süden Deutschlands zeigen, dass die Jahresdurchschnittstemperaturen zwischen 1931 und 2010 um 0,9 bis 1,2 °C angestiegen sind. Im gleichen Untersuchungszeitraum verlagerten sich die Jahresniederschlagssummen im Vergleich zu 1931 um bis zu 30 % ins Winterhalbjahr. Eine weitere Verlagerung ist auch in Zukunft zu erwarten [4]. Gleichzeitig zeigen verschiedene Untersuchungen, dass künstliche Hitzeinseln über Ballungsräumen das Auftreten von konvektiven Niederschlagsereignissen insbesondere im Sommer begünstigen (vgl. [5] u. [6]).

Hohe Schäden, also der Verlust von Menschenleben oder monetäre Verluste, treten in der Regel dann auf, wenn ein seltenes Niederschlagsereignis auf eine hohe Verletzlichkeit (Vulnerabi-

lität) trifft. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn Krankenhäuser, Altenheime oder Versorgungsleitungen betroffen sind. Um Schäden im Ernstfall einzugrenzen, kann das Schadensrisiko im Vorfeld abgeschätzt werden. Großflächige Risikokarten zum Thema Starkregen sollen dabei helfen. Der im Folgenden beschriebene Ansatz basiert auf topografischen Fließweg- und Senkenanalysen. Die Bearbeitung erfolgt größtenteils im Geoinformationssystem (GIS). Die Berechnungen der Fließwege und Geländesenken erfolgen mit der eigen entwickelten Toolbox „MaGriCom“ des Ingenieurbüros Reinhard Beck [7].

Fließweg- und Senkenanalysen

Ein erster Schritt zur Abschätzung von Starkregen im urbanen Raum sind topografische Fließweg- und Senkenanalysen. Die Eingabegrößen sind dabei in einem digitalen Geländemodell (DGM) gleichmäßig gerasterte Höhenpunkte. Die Nutzung von leistungsfähigen Grafikkarten ermöglicht es, bereits Bereiche von mehreren 100 Quadratkilometern mit Rasterweiten von deutlich unter 1 Meter abzubilden. Die Auflösung des DGM richtet sich maßgeblich nach den verfügbaren Laserscandaten.

Da Fließwegberechnungen in Geländesenken nicht möglich sind, wird ein DGM erzeugt, das keine Senken mehr aufweist. Die Geländesenken werden bis zu ihrem niedrigsten Auslaufpunkt aufgefüllt. Die Differenz aus dem Ursprungs-DGM und dem senkenlosen DGM ergibt die Information über Geländesenken in ihrer maximalen Ausdehnung und Tiefe. Die Geländesenken geben eine erste Einschätzung über exponierte Lagen im Stadtgebiet.



Abbildung 1: Einfärben der Senken nach maximaler Tiefe

Da allerdings noch keine Informationen über Niederschlagsereignisse und entsprechende Einstautiefen vorliegen, kann noch nicht von einem Gefährdungspotenzial gesprochen werden.

Auf Basis des aufgefüllten DGM können Fließwege berechnet werden. Die Fließwegberechnung fragt das gesamte DGM ab und untersucht, wie die Höhenunterschiede jeder Rasterzelle zu ihren acht Nachbarzellen sind. Die Flächen der Rasterzellen werden entlang eines Fließweges aufsummiert. Im Wesentlichen gibt es zwei Ansätze bei der Bestimmung der Fließwege: Bei dem Singleflow-Ansatz wird nur die niedrigste der acht Nachbarzellen berücksichtigt. Es kann ein Fließweg in nur eine Richtung entstehen. Bei den Multiflow-Ansätzen werden mehrere bis alle der acht Nachbarzellen berücksichtigt. Die Verteilung erfolgt prozentual, abhängig vom Höhenunterschied zu den niedriger liegenden Nachbarzellen. Durch das Aufteilen der Fließwege entsteht ein detaillierteres, flächigeres Bild. Insbesondere an flach geneigten oder divergenten Hängen stellen sich realistischere Fließwege ein [8]. Für die folgenden Beispiele wurde der sogenannte MFD (Multiple Flow Direction) angewendet, bei dem sich Fließwege in alle der acht Nachbarzellen einstellen können [9]. Die Senken werden nach ihrer maximalen Tiefe eingefärbt. Die Einfärbung der Fließwege richtet sich nach dem Einzugsgebiet, welches über den jeweiligen Fließweg entwässert.

Gefährdungspotenziale durch Starkregen

Das Gefährdungspotenzial hängt in seiner Ausprägung von der Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. Wiederkehrzeit eines Ereignisses ab

(vgl. [11]). Demnach geht von einem Niederschlag der Wiederkehrzeit $T = 1$ a eine geringere Gefährdung aus als von einem Niederschlag der Wiederkehrzeit $T = 20$ a. Um aus den Geländesenken und Fließwegen also eine Gefährdung abzuschätzen, bedarf es einer szenarioabhängigen Betrachtung. Für diese Abschätzung wurde ein vereinfachtes Wasserbilanzmodell aufgestellt. Die Eingangsgrößen waren verschiedene Niederschlagsintensitäten aus dem KOSTRA-DWD-Atlas, die Landnutzung sowie die Bodenarten. Berücksichtigung fanden Versickerung, Mulden- und Interzeptionsverluste sowie das Kanalnetz. Das verfügbare Kanalnetzvolumen wurde entsprechend den Vorgaben der DIN EN 752 [10] im Modell so gewählt, dass ein Ereignis der Wiederkehrzeit $T = 2$ a und der Dauerstufe $D = 60$ Minuten keinen Einstau der Geländesenken verursacht.

Jeder Geländesenke im Stadtgebiet wurde ihr oberflächliches hydrologisches Einzugsgebiet zugewiesen. Dies geschieht mittels der Fließwege, die der Senke zufließen. Mit dem Wasserbilanzmodell kann abgeschätzt werden, welches Volumen einer Senke bei dem jeweiligen Niederschlagsereignis zufließt. Es kann weiterhin abgeschätzt werden, wie hoch sich die Senke einstaut. Abbildung 1 zeigt das Einstauverhalten einer Geländesenke von $T_n = 1$ a (dunkelgrün) bis $T_n = 100$ a (dunkelrot). Je flacher die Senke ist, desto stärker vergrößert sich die flächige Ausdehnung des Einstaus bei seltenen Ereignissen.

Nicht nur die Senken lassen Aussagen über das Gefährdungspotenzial zu, sondern auch die Fließwege. So lässt sich bei

seltenen Ereignissen ein Zusammenhang zwischen Feuerwehreinsätzen aus der Vergangenheit und Hauptfließwegen erkennen (Abbildung 2, oben links). Hauptfließwege sind Fließwege, über die ein besonders großes Einzugsgebiet entwässert. In Wuppertal lässt sich anhand der Hauptfließwege der ursprüngliche Verlauf

von Gewässern erkennen, die heute verrohrt zur Wupper führen. Die Fließweganalyse berücksichtigt nur die Geländeoberfläche, jedoch nicht das Kanalnetz. Häufig befinden sich die Hauptsammler des Kanalnetzes dort, wo in der Fließwegberechnung Hauptfließwege auftreten. Im Starkregenfall befindet sich das Wasser

also im Hauptsammler und auf der Oberfläche. Geht man davon aus, dass sich eine Änderung entlang des Fließweges, also etwa ein Neigungswechsel oder ein seitlicher Zufluss, sowohl im Kanal als auch auf der Oberfläche negativ auf die umliegende Bebauung auswirkt, scheint es für die erste großflächige Gefährdungsanalyse unerheblich, auf welchem Pfad das Wasser in die angrenzende Bebauung gelangt.

Weiterhin gibt es einen Zusammenhang zwischen Zuflüssen von zwei oder mehr Fließwegen und den Feuerwehreinsätzen in der Vergangenheit (Abbildung 2, oben rechts). Analysen der Zusammenflüsse in verschiedenen Testgebieten zeigten, dass in Bereichen von Zusammenflüssen großer Einzugsgebiete auch vermehrt Feuerwehreinsätze zu verzeichnen waren.

Gefällewechsel entlang eines Fließweges bergen ebenfalls ein Gefährdungspotenzial. Demnach wurden Gefällewechsel von steilen auf flachere Abschnitte entlang der Fließwege ermittelt.

Die Informationen über Hauptfließwege, Zuflüsse von mehreren Fließwegen, Gefällewechsel und Senkenfüllung bei Ereignissen verschiedener Wiederkehrzeiten können zu einer Gefahrenkarte Starkregen verschnitten werden. Abbildung 3



Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Feuerwehreinsätzen (grün) und Hauptfließwegen (Abbildung oben links), Zusammenflüsse von Fließwegen (Abbildung oben rechts) und Senken (Abbildung unten)

zeigt den Entwurf einer solchen Karte auf Basis der beschriebenen Prozesse.

Risikokarte zum Thema Starkregen

Ein Risiko entsteht immer dann, wenn Gefährdungspotenziale auf Verletzlichkeit (Vulnerabilität) treffen. Die Vulnerabilität im Stadtgebiet zu erfassen, ist nicht leicht, da die Datengrundlage über die möglichen Auswertungen entscheidet. Faktoren wie bauliche Zustände oder die Lage des Kellerfensters sind natürlich nicht flächendeckend erfasst, sodass der Hauptindikator für stadtgebietsweite Vulnerabilitätsabfragen die Gebäudenutzung ist. Aus Sicht der Einsatzkräfte zur Bewältigung eines Starkregenereignisses macht das zunächst einmal Sinn, da deutlich wird, in welcher Reihenfolge Gebäude zu evakuieren bzw. zu sichern sind. Kindergärten, Krankenhäuser oder Tiefgaragen bergen unter Umständen ein sehr großes Risiko, da hier von einer hohen Vulnerabilität ausgegangen wird.

Eine Verschneidung der Gebäudenutzung mit den Gefahrenpotenzialen führt zu einer Risikokarte zum Thema Starkregen, bei der für jedes Gebäude im Stadtgebiet das Überflutungsrisiko abgeschätzt wird (Abbildung 3).

Praxisnutzen der Risikokarte

Grundlage für das Risikomanagement zum Thema Überflutungsschutz sind die drei

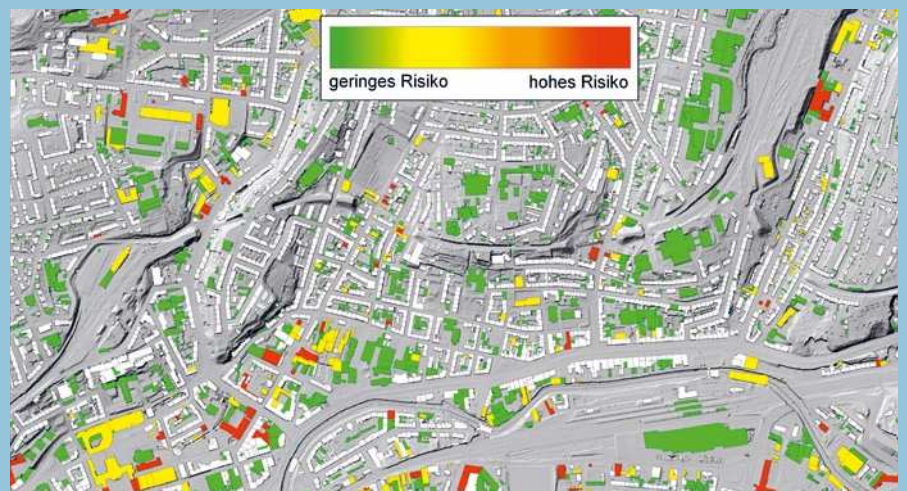
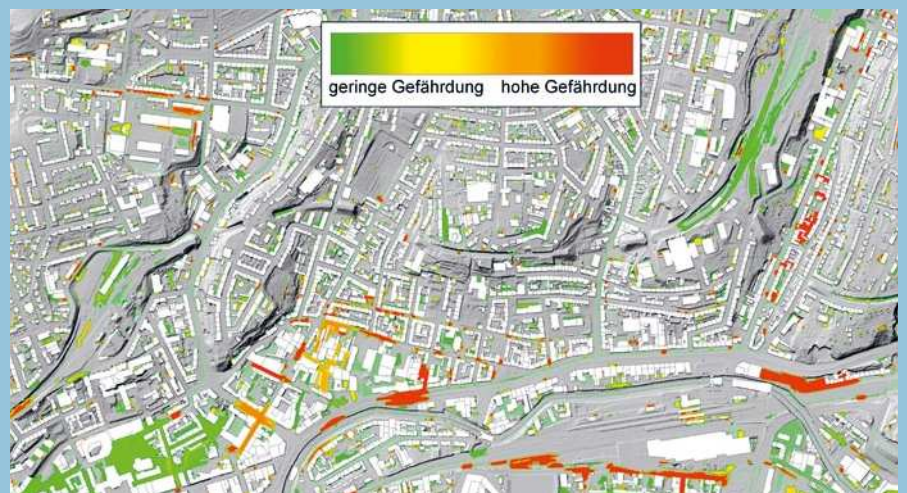


Abbildung 3: Gefahrenkarte Starkregen (Entwurf, obere Abbildung) und Risikokarte Starkregen (Entwurf, untere Abbildung)



Stufen „Vorsorge“, „Bewältigung“ und „Regeneration“ (vgl. [13]). Insbesondere für die Vorsorge und Bewältigung von Starkregenereignissen sind die Fließweg- und Senkenanalysen mit den Risikountersuchungen von großer Bedeutung. Die Kommune kann gezielt Vorsorge betreiben, indem sie Betroffene warnt und informiert. Diese können sich durch Objektschutz gegen die Einflüsse von Starkregen schützen. Die Karten können für die Flächenvorsorge genutzt werden, indem die Kommune künftig Flächen freihält oder entstehende Baulücken nicht mehr schließt. Eine Abflussminderung auf der Oberfläche kann z. B. durch die Beschickung von Grünflächen, die in der Nähe von Hauptfließwegen liegen, erfolgen. Unter Umständen können auch Sonderbauwerke nützlich sein, um Oberflächenwasser gezielt in den Kanal zu bringen. Für die Bewältigung können die Einsatzkräfte erkennen, welche Fahrt- und Evakuierungswege nicht passierbar sind oder welche Einrichtungen im Ernstfall als erstes angefahren werden müssen.

Das stadtgebietsweite Grob screening durch Fließweg- und Senkenanalysen zeigt zudem auf, welche Stellen im Stadtgebiet durch detaillierte Berechnungen untersucht werden müssen. Durch bidirektionale Abflussmodelle der Oberfläche und des Kanalnetzes erhält man genauere Informationen über Einstautiefen in den Senken. Im Gegensatz zu den topografischen Analysen erhält man auch Fließgeschwindigkeiten und Fließtiefen der Fließwege.

Mit überschaubarem Aufwand können durch Fließweg- und Senkenberechnungen sowie Risikountersuchungen im Stadtgebiet viele Akteure profitieren.

Autor

Dipl.-Ing. Sebastian Czickus
Ingenieurbüro Reinhard Beck, Wuppertal

Quellenverzeichnis

- [1] Sävert, T. u. Laps, S. (2014): Schwere Gewitterfront in NRW am 09.06.2014, Internetseite der UnwetterZentrale (www.unwetterzentrale.de), Bochum
- [2] Laps, S. (2013): Verifikation der Schwergewitterlage in Deutschland vom 19. und 20. Juni 2013, Internetseite der UnwetterZentrale, (www.unwetterzentrale.de), Bochum
- [3] Schlenkhoff, A. u. Oertel, M. (2009): Über Starkregen und Sturzfluten, BKW Output-Ausgabe II/2009
- [4] Rudolf, B. et al. (2009): Klimamonitoring für KLIWA, Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), KLIWA-Berichte, Heft 15 (S. 97–106)
- [5] Miess, B u. Miess, M (1987): Materialien zur Grünordnungsplanung Teil 1, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Karlsruhe
- [6] Dettwiller, J. u. Changnon Jr., S.A. (1976): Possible Urban Effects on Maximum Daily Rainfall at Paris, St. Louis and Chicago, Journal of Applied Meteorology, Volume 15 Issue 5, American Meteorological Society, Washington DC
- [7] Beck, J. (2011) Rasterfahndung – dem Oberflächenwasser auf der Spur, Beck-Info 25, Ingenieurbüro Reinhard Beck, Wuppertal
- [8] Seibert, I. u. McGlynn, B.L. (2007): A new triangular multiple flow-direction algorithm for computing upslope areas from gridded digital elevation models, Water Resources Research, Vol. 43
- [9] ARGE et al. (2001) Flow Computation on Massive Grids, Durham, USA
- [10] DIN EN 752 (2008): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Deutsches Institut für Normung, Berlin
- [11] BBK (2013): Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hitzewellen und Starkregen, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Bonn
- [12] Thywissen, K. (2006): Components of Risk. A Comparative Glossary. SOURCE No. 2. UNU-EHS. Bonn.
- [13] Schmitt, T.G. u. Worreschk (2011): KRisMa-Kommunales Risikomanagement „Überflutungsschutz“. TU Kaiserslautern, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft